

Iranian Food Science and Technology Research Journal
Homepage: https://ifstrj.um.ac.ir



Research Article
Vol. 19, No. 5, Dec.-Jan. 2023, p. 675-692

Effect of Edible Coatings of Alginate and *Oliveria decumbens* Essential Oil on Physicochemical, Microbial and Sensory Properties of Grated Carrots During Shelf Life

A. Hosseini[1], N. Zamindar[2]*, Y. Esmaeili[3]

1, 2 and 3- Graduated Master, Associate Professor and Graduated Master, Department of Food Science and Technology, College Agriculture, Isfahan (Khorasgan) Branch, Islamic Azad University, Isfahan, Iran, respectively.
(*- Corresponding Author Email: n.zamindar@khuisf.ac.ir)

Received: 2022.10.05
Revised: 2022.11.16
Accepted: 2022.12.05
Available Online: 2022.12.07

How to cite this article:
Hosseini, A., Zamindar, N., & Esmaeili, Y. (2023). Effect of edible coatings of alginate and *Oliveria decumbens* essential oil on physicochemical, microbial and sensory properties of grated carrots during shelf life. *Iranian Food Science and Technology Research Journal, 19*(5), 675-692. (In Persian with English abstract).
https://doi.org/10.22067/ifstrj.2022.78868.1207

Introduction

Today, carrots are widely used in freshly cut products, including ready to eat salads, however, its shelf life is reduced due to the damage caused on the texture of the product which accelerate the reduction of nutritional value as well as the growth of microorganisms, (Azizian *et al.*, 2020). To increase the shelf life of freshly cut products, it is recommended to use coatings on the surface of these products. Alginate is a hydrophilic biopolymer and having unique colloidal characteristics, it demonstrates a suitable coating function. Olivas *et al.* (2008) showed that by coating fresh apple slices with alginate and antimicrobial agents increased the shelf life of apple and decreased weight loss. Among the native plants of Iran, we can mention the *Oliveria* plant, which belongs to the Amblifra family. The aerial parts of this plant have a significant amount of essential oils (EOs). Researches by Amin *et al.* (2005) on the antimicrobial properties of *Oliveria* essential oils have shown a broad-spectrum antimicrobial activity against all studied organisms, and this effect is comparable to that of commercial antibiotics. Packaging with modified atmosphere is one of the best ways to increase the shelf life of fruits and vegetables. The purpose of this study was to investigate the effect of alginate and *Oliveria* essential oils on the physicochemical and microbial characteristics of grated carrots in polypropylene packages with modified atmosphere during storage.

Methods

Essential oil of *Oliveria* plant was extracted, dehydrated by sodium sulfate and placed in sealed glass container and stored at 4˚C until using. Carrots prepared from Wilmoren cultivar. An industrial crusher crushed the carrots, and samples were coated by treatment solutions. Two treatments of coating were prepared, one as control with 0% and the other one with 1.5% alginate with stirring and moderate heat (50-60°C) (Lu *et al*., 2009). Then the *Oliveria* EO was added to the alginate solution at the specified concentration. The resulting solution was deaerated at 25˚C.

T1: control sample (without coating)
T2: 1.5% alginate
T3: 150 ppm *Olivieria* EO
T4: 250 ppm *Olivieria* EO
T5: 1.5% alginate and 150 ppm of *Olivieria* EO

https://doi.org/10.22067/ifstrj.2022.78868.1207

T6: 1.5% alginate and 250 ppm of *Olivieria* EO

After weighing (250 g), the grated carrots (control and coated) were placed in 10 g polypropylene packages of suitable food grade in dimensions of 50 × 190 × 144 cm and the package was injected with 5% O_2, 5% CO_2 and 90% N_2. The packages were then stored in the refrigerator for 12 days at 4±1˚C. All experiments were performed on days 1, 3, 6, 9, and 12.

Evaluation of Chemical, Microbial and Sensory Characteristics

A pH meter used for pH determination (Rad *et al.*, 2020). The acidity measured based on Rocha *et al.* (2007) method.

The weight was reported using pre and post-storage weight. The carotenoid concentration calculated by Rocha *et al.* (2007) method. Total soluble solids determined by refractometer (Rad *et al.*, 2020). Ascorbic acid content measured by Falahi *et al.* (2013) method. The L*, a*, b* and WI (white index) indicators of grated carrots evaluated by Hunter lab system. A 5-point hedonic test was used to assess sensory attributes(Ajnevardi *et al.*, 2002). The internal gas concentration evaluated by Ullsten & Hedenqvist (2003) method. Total count microorganisms, mold, and yeast were counted according to the method of Azizian *et al*. (2020).

Data Analysis

This study was conducted in a completely randomized design with factorial form to investigate the effect of independent variables of type of alginate coating (2 levels), essential oil (3 levels) and time (5 levels) on the physicochemical properties of grated carrots (3 replications) and total counting, mold and yeast (2 replications). Mean comparison was performed using LSD test at 5% probability level and SPSS software was used to statistically analyze data.

Result

The results showed that the level of acidity, carotenoid and acid ascorbic, the amount of L* and sensory (color, quality, flavor, odor) scores reduced during time. By contrast the level of pH, weight loss, the amount of a*, b*, CO_2, TSS and total counts increased (P<0.05). Also, with increasing the concentration of essential oils and alginates, the amount of acidity, carotenoids, ascorbic acid, L* increased and pH, weight loss, TSS, a*, b*, CO_2 and total count decreased (P<0.05). *Escherichia coli*, mold and yeast count of the samples did not show any growth from the mentioned treatments until the 12th day. Overall, the *Oliveria* essential oil and alginate were effective in improving the properties of grated carrots under the modified atmosphere during storage.

Conclusion

The study showed that *Oliveria* EO and alginate added to grated carrots in modified atmosphere packaging during storage was effective in reducing respiration, water loss, microbial load and increased the shelf life. Treatment containing 1.5% alginate and 250 ppm *Oliveria* EO showed the best chemical, microbial and sensory characteristics. The results indicated that by packing under modified atmosphere and coating by alginate and *Oliveria* EO, a new carrot product provided to the market with maintaining durability and quality characteristics during storage.

Keywords: Alginate, Modified atmosphere, *Oliveria decumbens* essential oil, Polypropylene



نشریه پژوهشهای علوم و صنایع غذایی ایران
https://ifstrj.um.ac.ir



مقاله پژوهشی

جلد ۱۹، شماره ۵، آذر- دی ۱۴۰۲ ص. ۶۹۲-۶۷۵

اثر پوشش خوراکی آلژینات و اسانس لعل کوهستان بر خصوصیات فیزیکوشیمیایی، میکروبی و حسی هویج رنده‌شده طی زمان ماندگاری

علی حسینی[۱]- نفیسه زمین‌دار[۲*]- یاسمن اسمعیلی[۳]

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۷/۱۳
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۹/۱۴

چکیده

تلاش برای کاهش ضایعات غذایی اولویت صنعت غذا است. هدف از این پژوهش بررسی تأثیر پوشش آلژینات و اسانس لعل کوهستان بر ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی و میکروبی هویج رنده‌شده در طول انبارداری بود. هویج‌های رنده‌شده (شاهد و پوشش‌دهی‌شده) پس از توزین تحت اتمسفر اصلاح‌شده در بسته‌های پلی‌پروپیلنی بسته‌بندی و به مدت ۱۲ روز در دمای ۴ درجهٔ سانتی‌گراد نگهداری شد. به‌این‌منظور، آزمون‌های رنگ، اسید آسکوربیک و مواد جامد محلول کل، اسیدیته، pH، دی‌اکسیدکربن، کاهش وزن و کاروتنوئید (۳ تکرار) و شمارش کلی و کپک مخمر (۲ تکرار) در قالب طرح کاملاً تصادفی با آرایش فاکتوریل با ۶ تیمار با آلژینات ۱/۵ درصد و غلظت‌های مختلف اسانس لعل کوهستان (۱۵۰ و ۲۵۰ppm) و نمونه‌برداری در روزهای ۱، ۳، ۶، ۹ و ۱۲ انجام شد. نتایج نشان داد میزان اسیدیته، کاروتنوئید و اسید آسکوربیک، مقدار *L و ویژگی‌های حسی (رنگ، مقبولیت، عطروطعم) باتوجه‌به گذشت زمان کاهش و میزان pH، کاهش وزن، مقادیر *a، *b، گاز دی‌اکسیدکربن، مواد جامد محلول کل و شمارش کلی افزایش یافت ($P<0.05$). همچنین با افزایش غلظت اسانس و آلژینات، میزان اسیدیته، کاروتنوئید، اسید اسکوربیک، *L افزایش و مقادیر pH، کاهش وزن، مواد جامد، *a، *b، کربن دی اکسید و شمارش کلی کاهش یافت ($P<0.05$). نتایج حاصل از شمارش کپک و مخمر نمونه‌ها هیچ‌گونه رشدی از شاخص‌های مذکور تا روز ۱۲ را نشان نداد. در مجموع اسانس لعل کوهستان و آلژینات بر بهبود ویژگی‌های هویج رنده‌شده تحت اتمسفر اصلاح‌شده در طول انبارداری مؤثر بود.

واژه‌های کلیدی: آلژینات، اتمسفر اصلاح شده، اسانس لعل کوهستان، پلی پروپیلن

مقدمه

افزایش مصرف یوه و سبزی‌ها در رژیم‌های غذایی توصیه می‌شود؛ هویج یکی از مهم‌ترین سبزی‌ها در سراسر جهان است. امروزه از هویج در تهیهٔ فراورده‌های تازه برش‌خورده ازجمله در تهیهٔ سالادهای آماده استفادهٔ فراوانی می‌شود، ولی آسیب رسیدن به بافت محصول و تسریع در کاهش ارزش غذایی و همچنین رشد میکروب‌ها سبب کاهش مدت ماندگاری آن شده است (Zamindar *et al.*, 2020). مطالعه‌های قبلی عمر مفید هویج‌های با حداقل فراوری را ۴ الی ۵ روز نشان دادند (Ayhan *et al.*, 2008).

استفاده از پوشش خوراکی محافظ بر روی این محصولات می‌تواند سبب افزایش ماندگاری آنها گردد (Esmaeili *et al.*, 2021). آلژینات یک بیوپلیمر آب‌دوست است و با دارا بودن خواص کلوئیدی منحصر به فرد، عملکرد پوششی مناسبی را نشان می‌دهد (Acevedo *et al.*, 2010). از جمله خواص کاربردی آلژینات می‌توان به قابلیت تشکیل ژل، افزایش استحکام بافت‌ها، پایدار کنندگی، قابلیت تشکیل فیلم و پوشش خوراکی و همچنین حفظ ظرفیت نگهداری آب، محافظت در برابر فساد میکروبی و مقاومت در برابر اکسیداسیون اشاره کرد (Cho

۱، ۲ و ۳- به‌ترتیب دانش‌آموخته کارشناسی ارشد، دانشیار و دانش‌آموخته کارشناسی ارشد علوم و صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد اصفهان (خوراسگان)، اصفهان، ایران
(*- نویسنده مسئول: Email: n.zamindar@khuisf.ac.ir)

https://doi.org/10.22067/ifstrj.2022.78868.1207

and Dreher, 2001). اولیوز و همکاران (Olivas *et al.*, 2008) با پوشش دهی برش‌های تازه سیب غوطه ور شده در محلول کلرید سدیم خوراکی توسط آلژینات و عوامل ضد میکروبی مشاهده نمودند که آلژینات سبب طولانی‌تر شدن مدت ماندگاری برش‌های سیب و کاهش افت وزن آن نسبت به نمونه شاهد در طول مدت نگهداری شد. تلاش برای یافتن عوامل ضدمیکروبی جدید با ظهور سویه‌های مقاوم به داروهای شیمیایی ضروری می‌باشد (Srinivasan *et al.*, 2001). ازجمله گیاهان بومی ایران می‌توان به گیاه لعل کوهستان با جنس *Oliveria* متعلق به خانواده اومبلیفرا[1] اشاره کرد (Amin *et al.*, 2005). این گیاه در مناطق گرمسیری ایران، سوریه، عراق و جنوب شرق آناتولی رشد می‌کند (Mogharabi *et al.*, 2020). مقدار قابل‌توجهی اسانس در اندام هوایی این گیاه موجود می‌باشد. این اسانس دارای ۲۳ درصد کارواکرول، ۴۷ درصد تیمول، ۱۸ درصد گاما-ترپینن و ۸/۷ درصد پاراسیمن بوده که سبب اثر ضدمیکروبی در برابر قارچها و باکتری‌های گرم منفی و گرم مثبت می‌باشد (Ghorbani *et al.*, 2020). مطالعه‌های مختلفی روی ترکیب شیمیایی اسانس حاصل از گیاه لعل کوهستان انجام گرفته است. امین و همکاران (Amin *et al.*, 2005). با مطالعه خاصیت ضدمیکروبی گیاه لعل کوهستان مشاهده نمودند که اسانس این گیاه، در مقابل همهٔ ارگانیسم‌های مطالعه‌شده فعالیت ضدمیکروبی وسیعی دارد و این اثر با اثر آنتی‌بیوتیک‌های تجاری قابل‌مقایسه است (Esmaeili *et al.*, 2021).

یکی از روش‌های بسیار موثر برای افزایش ماندگاری چنین محصولات فسادپذیری، استفاده از بسته‌بندی با اتمسفر اصلاح‌شده می باشد (Joubling, 2005) در بسته‌بندی با اتمسفر اصلاح‌شده، تغییر ترکیب گازهای درون بسته شده باعث به حداقل رساندن فعالیت‌های فیزیولوژیکی و فساد محصولات می‌شود. ساندهیا (Sandhya, 2010)، با بررسی بسته‌بندی اتمسفر اصلاح شده برای میوه‌ها و سبزی‌ها مختلف (از جمله هویج، موز، خیار و انگور)، مخلوط گازهای توصیه‌شده برای افزایش ماندگاری هویج با بسته‌بندی با اتمسفر اصلاح‌شده را ۵ درصد اکسیژن، ۴-۳ درصد دی‌اکسیدکربن و ۹۲-۹۱ درصد نیتروژن اعلام نمود (Ghorbani *et al.*, 2021).

با توجه به مطالب گفته‌شده هدف از این تحقیق بررسی اثر اسانس لعل کوهستان و آلژینات بر ویژگی‌های میکروبی و فیزیکوشیمیایی هویج رنده‌شده در بسته‌های پلی‌پروپیلنی با اتمسفر اصلاح‌شده در طول انبارداری می‌باشد که تاکنون در مطالعهٔ دیگری مورداستفاده قرار نگرفته است. نمونه‌های بررسی‌شده در این پژوهش به شرح زیر بود:

۱: نمونهٔ شاهد (بدون پوشش)

۲: آلژینات ۱/۵ درصد

۳: اسانس لعل کوهستان ۱۵۰ ppm

۴: اسانس لعل کوهستان ۲۵۰ ppm

۵: آلژینات ۱/۵ درصد و اسانس لعل کوهستان ۱۵۰ ppm

۶: آلژینات ۱/۵ درصد و اسانس لعل کوهستان ۲۵۰ ppm

مواد و روش‌ها

جمع‌آوری گیاه لعل‌کوهستان

گیاه لعل کوهستان از منطقهٔ کازرون (استان فارس) تهیه گردید. پس از خشک‌کردن گیاه، با دستگاه کلونجر به مدت ۶ ساعت از اندام هوایی گیاه اسانس‌گیری شد. سپس از اسانس جمع‌آوری شده توسط سولفات سدیم خشک (Sigma، ساخت آلمان) آب‌گیری شد. درنهایت در ظرف شیشه‌ای غیرقابل‌نفوذ قرار داده و تا زمان استفاده در دمای ۴ درجهٔ سانتی‌گراد نگهداری گردید (Mogharabi *et al.*, 2020).

آماده‌سازی هویج

ضدعفونی هویج‌های تهیه شده (رقم ویلمورن) با محلول ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر هیپوکلریت سدیم (Merck، ساخت آلمان) به مدت ۱ دقیقه انجام گردید و ۲ بار با آب سرد برای زدودن گل‌ولای شسته شدند. هویج‌ها، سرزنی و پوست‌گیری‌شد و به‌وسیلهٔ خردکن صنعتی (fam، مدل fv-2d Corporations، ساخت بلژیک) عمل خردکردن هویج‌ها (ضخامت ۲/۵ میلی‌متر و قطر ۴۰ میلی‌متر) انجام شد و هویج‌های رنده‌شده پس از جداسازی آب سطحی به‌وسیلهٔ سانتریفیوژ (Nuve، ساخت ترکیه)، در محلول تیمارهای مورد آزمایش قرار گرفتند (Mogharabi *et al.*, 2020).

آماده‌سازی محلول آلژینات

محلول آلژینات (Sigma، ساخت آمریکا) در دو غلظت ۰ و ۱/۵ درصد وزنی-حجمی همراه با هم زدن در آب مقطر به عنوان حلال و با گرمای ملایم (۶۰-۵۰ درجه سانتی‌گراد) تهیه گردید (Lu *et al.*, 2009) و برای جلوگیری از شکنندگی به آن ۲ درصد وزنی-حجمی گلیسرول (Sigma، ساخت آمریکا) اضافه شد (Rojas-Graü *et al*, 2007). جهت یکنواخت‌سازی آن از یک همزن مغناطیسی (Heidolph، ساخت آلمان) استفاده شد (Lu *et al.*, 2009). سپس اسانس لعل کوهستان با غلظت‌های تهیه شده به محلول آلژینات اضافه شد و با استفاده از مخلوط کن (Heidolph، ساخت آلمان) با سرعت ۷۰۰ دور بر دقیقه به مدت ۱/۵ دقیقه به طور یکنواخت توزیع گردید. محلول تشکیل شده تحت خلا در ۲۵ درجه سانتی‌گراد هوا گیری شد. ۲۵۰ گرم هویج رنده‌شده به مدت ۲ دقیقه داخل محلول با غلظت

1- Umbelliferae

بهدست‌آمده غوطه‌ور و پوشش‌دهی شدند و درنهایت هویج‌ها در آبکش ضدعفونی‌شده قرار گرفتند تا اضافهٔ آلژینات خارج شود و فرصت داده شد سطح هویج‌ها به‌وسیلهٔ هوا خشک گردد (Mogharabi *et al.*, 2020).

فرایند بسته‌بندی

هویج‌های رنده شده (شاهد و پوشش‌دهی شده) پس از توزین (۲۵۰ گرم) درون بسته‌های پلی پروپیلنی ۱۰ گرمی با ابعاد ۵۰×۱۹۰×۱۴۴ میلی‌متر قرار گرفتند و در دستگاه بسته‌بندی با اتمسفر اصلاح‌شده (witt-gasetechnik، مدل km100-2mem، ساخت آلمان) تحت تزریق گاز (۵٪ کربن دی اکسید، ۵٪ اکسیژن و ۹۰٪ نیتروژن) در دمای ۱۷۰ درجه سانتی‌گراد به منظور دوخت حرارتی بسته‌ها قرار گرفتند. پس از دوخت، بسته‌ها در دمای ۱±۴ درجه سانتی‌گراد به مدت ۱۲ روز نگهداری و ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی و میکروبی آنها در طول فرآیند ذخیره‌سازی در روزهای ۱، ۳، ۶، ۹ و ۱۲ مورد بررسی قرار گرفت (Ayhan *et al.*, 2008).

pH و اسیدیته

هویج‌های بسته‌بندی شده به نسبت ۱:۱ با آب مقطر مخلوط شد و pH آن در دمای ۲۰ درجهٔ سانتی‌گراد به‌وسیله دستگاه pH متر دیجیتالی (KNICK، ساخت آلمان) اندازه‌گیری گردید (Rad *et al.*, 2020). پس از رقیق‌سازی ۲۵ گرم از نمونهٔ هویج با ۲۵۰ میلی‌لیتر آب‌مقطر، ۲۵ میلی‌لیتر از نمونهٔ محلول با هیدروکسید سدیم (Merck، ساخت آلمان) ۰/۱ نرمال تیتر شد (تا رسیدن به pH=۸/۳) و میزان اسید آلی قابل‌تیتراسیون (برحسب درصد اسید مالیک) با استفاده از رابطهٔ (۱) محاسبه گردید (Rocha *et al*, 2007).

رابطهٔ (۱):
$$C=\frac{N\times V\times E}{D}\times ۱۰۰$$

در رابطهٔ (۱)، C: میزان اسید آلی قابل تیتراسیون (میلی‌گرم در ۱۰۰ میلی‌لیتر)، N: نرمالیتهٔ سود مصرفی، V: حجم سود مصرفی، E: اکی‌والان‌گرم اسید مالیک و D: حجم نمونه (میلی‌لیتر) می‌باشد.

کاهش وزن

با استفاده از وزن قبل و بعد از ذخیره‌سازی درصد کاهش وزن در هر تیمار براساس رابطهٔ (۲) محاسبه گردید (Becaro *et al.*, 2016).

رابطهٔ (۲):
$$\text{افت وزن} = \frac{\text{وزن بعد از ذخیره سازی} - \text{وزن قبل از ذخیره سازی}}{\text{وزن قبل از ذخیره سازی}} \times ۱۰۰$$

کاروتنوئید

پس از رقیق شدن ۱۰ گرم هویج در ۵۰ میلی‌لیتر آب‌مقطر، ۱۰ میلی‌لیتر از مخلوط به مدت ۵ دقیقه با سرعت ۲۷۰۰ دور در دقیقه سانتریفیوژ (Nuve، ساخت ترکیه) شد. سپس ۸ میلی‌لیتر استون (Merck، ساخت آلمان) به محلول رویی استخراج شده اضافه و هموژنیزه گردید. برای تهیهٔ ۱۰ میلی‌لیتر محلول، آب اضافه شد و سانتریفیوژ (۵ دقیقه در ۲۷۰۰ دور در دقیقه) گردید و به‌وسیلهٔ اسپکتروفتومتر (Milton Roy، ساخت آمریکا) در طول موج ۴۸۰ نانومتر میزان جذب محلول صاف‌شده اندازه‌گیری و غلظت کاروتنوئید (برحسب میکروگرم بر لیتر) با استفاده از رابطهٔ (۳) محاسبه شد (Rocha *et al.*, 2007).

رابطهٔ (۳):
$$\text{کاروتنوئید کل} = \frac{A\times V\times 10^4}{A_{1cm}^{1\%}\times p}$$

در رابطهٔ (۳)، A: میزان جذب نمونه، V: حجم کل عصاره (میلی‌لیتر)، P: وزن نمونه (گرم) و $A_{1cm}^{1\%}$: ضریب ثابت مربوط به بتاکاروتن (معادل عدد ۲۵۹۲) می‌باشد.

مواد جامد محلول کل

هویج‌های بسته‌بندی شده به نسبت ۱:۱ با آب مقطر در یک مخلوط کن (Heidolph، ساخت آلمان) به مدت ۱ دقیقه همگن شد. مخلوط حاصل از صافی عبور داده و به مدت ۱ دقیقه در دستگاه سانتریفوژ (Nuve، ساخت ترکیه) با سرعت ۲۰۰۰ دور در دقیقه سانتریفوژ گردید. سپس مواد جامد محلول کل با استفاده از دستگاه رفراکتومتر (Atago، ساخت ژاپن) در دمای ۲۵ درجهٔ سانتی‌گراد برحسب درصد بریکس اندازه‌گیری شد (AOAC, 1990).

اسید آسکوربیک

تیتراسیون ۱۰ میلی‌لیتر از محلول صاف‌شدهٔ آب‌هویج با شناساگر ۶،۲-دی‌کلروفنل ایندوفنل (Carolina، ساخت آمریکا) تا ظهور رنگ صورتی کم‌رنگ انجام شد. محتوای اسید آسکوربیک با استفاده از رابطهٔ (۴) بر حسب میلی‌گرم در ۱۰۰ گرم نمونه محاسبه گردید (Falahi *et al.*, 2013).

رابطهٔ (۴):
$$\text{اسید آسکوربیک} = \frac{V\times T}{W}\times ۱۰۰$$

در رابطهٔ (۴)، V: حجم شناساگر ۶،۲-دی‌کلروفنل ایندوفنل مورداستفاده در تیتراسیون (میلی‌لیتر)، T: اکی‌والان شناساگر ۶،۲-دی‌کلروفنل ایندوفنل و W: وزن نمونه در حجم محلول تیترشده (گرم) می‌باشد.

شاخص رنگ

با استفاده از سیستم هانترلب (JPK co-Reston، ساخت آلمان) شاخص‌های a^*، b^* و L^* هویج‌های رنده‌شده ارزیابی و مقدار WI (شاخص سفیدی) ازطریق رابطهٔ (۵) به‌دست‌آمد. شاخص *a بیانگر رنگ سبز تا قرمز، *b آبی تا زرد و *L سفید تا سیاه است (Rocha *et al*, 2007).

رابطۀ (۵): $$WI=-\sqrt{(100 - L^*)^2 + a^{*2} + b^{*2}}\,100$$

ارزیابی حسی

ارزیاب‌های حسی نمونه‌های کدگذاری‌شده با اعداد تصادفی سه‌رقمی را ازنظر ویژگی‌های رنگ، عطر، طعم و مقبولیت عمومی ارزیابی کردند. در این ارزیابی از آزمون هدونیک ۵ نقطه‌ای (امتیاز ۵ برای ویژگی بسیار عالی و امتیاز ۱ برای ویژگی ضعیف) استفاده شد (Badi *et al.*, 2021).

تغییرات اتمسفر گاز بسته در طول زمان

غلظت گاز درون بسته با استفاده از دستگاه آنالایزر گاز (Mecca، ساخت فرانسه) به روش Ullsten و Hedenqvist (Ullsten *et al.*, 2003) اندازه‌گیری گردید.

تعیین بار میکروبی

شمارش کلی و کپک و مخمر به منظور تعیین فلور میکروبی برش های هویج تعیین شدند. ۱۰ گرم نمونۀ هویج از هر بسته تحت‌شرایط بهداشتی برداشته و با ۹۰ میلی‌لیتر آب پپتون استریل (Merck، ساخت آلمان) همگن شد و رقت‌های موردنظر از آن تهیه گردید. سپس ۰/۱ میلی‌لیتر از هر رقت به پلیت‌های استریل حاوی ۱۵ میلی‌لیتر محیط کشت‌های استریل منتقل و در انکوباتور (Wisecube، ساخت کره‌جنوبی) نگهداری شدند. از محیط کشت پلیت کانت آگار[1] (Merck، ساخت آلمان) و نگهداری در دمای ۳۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۵ روز برای شمارش کلی و محیط کشت یست گلوکز کلرامفنیکل آگار[2] و نگهداری در دمای ۳۰ درجۀ سانتی‌گراد به مدت ۵ روز (Merck، ساخت آلمان) برای کپک‌ها و مخمرها استفاده شد (Zamindar *et al.*, 2020).

تجزیه‌وتحلیل داده‌ها

این پژوهش در قالب طرح کاملاً تصادفی با آرایش فاکتوریل برای بررسی اثر متغیرهای مستقل نوع پوشش آلژینات (۲ سطح: ۰ و ۱/۵ درصد)، اسانس (۳ سطح: ۰، ۱۵۰ و ppm ۲۵۰) و زمان (۵ سطح: روزهای ۱، ۳، ۶، ۹ و ۱۲) بر خصوصیات فیزیکوشیمیایی (۳ تکرار) و خصوصیات میکروبی هویج رنده‌شده (۲ تکرار) انجام شد. مقایسۀ میانگین‌ها با استفاده از آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد انجام گرفت و از نرم‌افزار SPSS نسخۀ ۹.۱ جهت تجزیۀ داده‌های آماری بهره‌گرفته شد.

نتایج و بحث

نتایج آزمون‌های فیزیکوشیمیایی

pH و اسیدیته

میزان pH، معرف قلیایی و یا اسیدی بودن سبزیجات و میوه‌ها است (Mogharabi *et al.*, 2020). نتایج نشان داد که اثر اسانس، پوشش، زمان و همچنین اثرات متقابل اسانس-زمان، پوشش-زمان بر تغییرات اسیدیته معنی‌دار بود (P<۰/۰۱). همچنین اثر اسانس، پوشش، زمان و همچنین اثرات متقابل اسانس-پوشش، اسانس-زمان، پوشش-زمان و اسانس-پوشش-زمان بر تغییرات pH معنی‌دار بود (P<۰/۰۱).

pH با گذشت زمان روندی صعودی و اسیدیته روندی نزولی (P<۰/۰۱) داشت (جدول ۱) که با فرآیند رسیدن میوه‌ها و سبزیجات و افزایش pH مطابقت داشت. علت کاهش اسیدیته و افزایش pH در زمان نگهداری را بدین گونه شرح می‌دهند که اسیدهای آلی در طی نگهداری به دلیل مصرف آن‌ها در جریان تنفس کم می‌شوند و روند نزولی پیدا می‌کنند (Babalar *et al.*, 2015).

اثر متقابل اسانس، آلژینات و زمان بر pH و اسیدیتۀ هویج رنده‌شده نشان داد که در تمامی تیمارها با افزایش غلظت آلژینات، میزان اسیدیته افزایش و میزان pH کاهش معنی‌داری پیدا کرد (P<۰/۰۱). همچنین در تمامی تیمارها نمونه‌های حاوی اسانس لعل کوهستان نسبت به نمونه‌های فاقد اسانس، میزان pH کاهش معنی‌داری پیدا کرد (P<۰/۰۱). به گونه‌ای که در روز ۱۲ نگهداری بیشترین میزان اسیدیته و کمترین میزان pH در نمونه حاوی ppm ۲۵۰ اسانس لعل کوهستان و ۱/۵ درصد آلژینات و کمترین میزان اسیدیته و بیشترین میزان pH در نمونه شاهد گزارش شد (P<۰/۰۱). به عبارتی، نمونه‌های ترکیبی نسبت به نمونه‌هایی که به تنهایی استفاده شدند سطح بیشتری از اسیدیته و سطح کمتری از pH را دارا بودند و در حفظ مقدار اسیدیته هویج‌های رنده شده موثرتر بودند. در حقیقت، استفاده از پوشش خوراکی به دلیل ویژگی سدی آنها در برابر گازها می‌تواند با کاهش نرخ تنفس میزان مصرف اسیدهای آلی را کاهش دهد. نتایج حاصل از این بررسی با نتایج گل و همکاران (Gol *et al.*, 2013) و مقربی و همکاران (Mogharabi *et al.*, 2020) مطابقت دارد.

نتایج به دست آمده از اسیدیته با نتایج حاصل از محتوای pH هویج رنده شده در روزهای مختلف نگهداری مطابقت داشت و نشان می‌دهد که هم‌بستگی منفی میان دو فاکتور اسیدیته و pH در هویج‌های رنده شده وجود داشت، به گونه‌ای که کاهش اسیدیته منجر به افزایش pH در نمونه‌ها شد.

1- Plate Count Agar

2- Yeast Glucose Chloramphenicol Agar

جدول ۱- مقایسهٔ میانگین اثر زمان بر خواص فیزیکوشیمیایی و شمارش کلی در هویج رنده‌شده

Table 1- Mean comparison of Alginate and *Oliveria decumbens* Essential Oil on physiochemical properties and total count of grated carrot

پارامتر Parameters	زمان (روز) Day				
	1	3	6	9	12
pH	6.22± 0.00 e	6.31± 0.02 d	6.41± 0.08 c	6.49± 0.15 b	6.55± 0.19 a
اسیدیته (درصد) Acidity(%)	2.59± 0.01 a	2.44±0.04b	2.23±0.13c	1.95± 0.17 d	1.55±0.22e
کاهش وزن (درصد) Weight loss (%)	0.00± 0.00 e	0.61± 0.23 d	1.04±0.47c	2.14±0.91b	2.92± 0.98 a
کاروتنوئید(میکروگرم بر لیتر) Carotenoid (mg/l)	35.84± 0.00 a	35.35± 0.18 b	34.84± 0.33 c	34.29±0.50d	33.86±0.82e
مواد جامد محلول کل (درصد) Total soulable solid (%)	8.60± 0.00 e	8.89± 0.07 d	9.26± 0.21 c	10.33± 0.28 b	11.36±0.71a
اسید آسکوربیک (درصد) Ascorbic acid (%)	8.13±0.00a	7.96±0.05b	7.17±0.33c	6.41±0.46d	5.21±0.73e
L*	52.33±0.01a	51.61±0.22b	50.26±0.82c	48.63± 1.30 d	47.61±1.33e
b*	35.53± 0.00 b	33.49± 0.22 d	34.60± 0.63 c	35.60±0.75b	37.01± 1.15 a
a*	28.32±0.01e	29.37± 0.18 d	30.80±0.51c	31.97±0.77b	33.06±1.10a
طعم حسی Taste acceptance	5.00±0.00a	4.98±0.13a	4.42±0.50b	3.07±0.58c	2.20±0.55d
رنگ حسی Color acceptance	5.00±0.00a	5.00±0.00a	4.53±0.50b	3.45±0.50c	2.83±0.42d
عطر حسی Flavor acceptance	5.00±0.00a	5.00±0.00a	4.42±0.50b	2.63±0.49c	2.10±0.57d
مقبولیت Total acceptance	5.00±0.00a	5.00±0.00a	4.55±0.50b	2.87±0.72c	2.35±0.48d
تغییرات دی‌اکسیدکربن (درصد) CO_2 (%)	5.24±0.16e	17.37±0.26d	27.86±0.48c	38.33±0.58b	47.63±0.29a
تغییرات اکسیژن (درصد) O_2 (%)	5.00±0.00a	0.00± 0.00 b	0.00± 0.00 b	0.00± 0.00 b	0.00± 0.00 b
شمارش کلی (لگاریتم واحد تشکیل کلنی/گرم) Total count (Log cfu/g)	0.00± 0.00 d	0.00± 0.00 d	0.22±0.37c	1.05±0.44b	1.82±0.61a

-اعداد، میانگین ± انحراف معیار هستند

- اعداد با حروف غیرمشابه سبب اختلاف معنی دار از لحاظ آزمون LSD می‌شود ($P \leq 0.05$).

Numbers are mean ± standard deviation (three replicates).

Different letters indicate a significant difference at $p<0.05$

کاهش وزن

یکی از مهم‌ترین اهداف بسته‌بندی و پوشش‌دهی کنترل وزن میوه‌ها و سبزی‌های تازه می‌باشد (Larsen and Wold, 2016). نتایج نشان داد که اثر اسانس، پوشش، زمان و همچنین اثرات متقابل اسانس-پوشش، اسانس-زمان، پوشش-زمان و اسانس-پوشش-زمان بر تغییرات کاهش وزن معنی‌دار بود (P<۰/۰۱). اثر متقابل آلژینات، اسانس و زمان بر کاهش وزن هویج رنده‌شده در جدول ۲ نشان داد که

در تمام نمونه‌ها در روز اول نگهداری کاهش وزن مشاهده نشد اما با افزایش زمان نگهداری شاخص مذکور افزایش معنی‌داری پیدا کرد (P<۰/۰۱). همچنین در تمامی تیمارها و در تمامی روزهای نگهداری، با افزایش غلظت آلژینات و اسانس لعل کوهستان میزان کاهش وزن افزایش معنی‌داری یافت (P<۰/۰۱)، به گونه‌ای که بیشترین میزان کاهش وزن در روز ۱۲ نگهداری در نمونه شاهد (۴٫۶۳) مشاهده گردید (P<۰/۰۱).

جدول ۲- مقایسهٔ میانگین اثرمتقابل آلژینات، اسانس لعل کوهستان و زمان بر pH، اسیدیته، اسید آسکوربیک، کاهش وزن و مواد جامد محلول هویج رنده‌شده

Table 2- Mean comparison of Alginate and *Oliveria decumbens* Essential Oil on pH, acidity, ascorbic acid content, total soulable solid and weight loss of grated carrot

غلظت اسانس لعل کوهستان (ppm) *Oliveria decumbens* Essential Oil (ppm)	غلظت آلژینات Alginate(%)	زمان Day	کاهش وزن Weight loss (%)	اسیدآسکوربیک Ascorbic acid (%)	اسیدیته Acidity (%)	pH	مواد جامد محلول Total soulable solid
0	**0**	1	0.00 ± 0.00^{q}	28.31 ± 0.00^{s}	2.68 ± 0.00^{a}	6.22 ± 0.00^{n}	8.6 ± 0^{a}
		3	0.94 ± 0.02^{k}	29.70 ± 0.07^{o}	2.47 ± 0.01^{b}	6.32 ± 0.01^{mlk}	8.94 ± 0.02^{a}
		6	1.79 ± 0.01^{h}	31.57 ± 0.41^{h}	2.15 ± 0.01^{i}	6.55 ± 0.01^{c}	9.56 ± 0.02^{a}
		9	3.86 ± 0.03^{b}	33.07 ± 0.02^{c}	1.84 ± 0.02^{n}	6.78 ± 0.03^{b}	10.85 ± 0.04^{a}
		12	4.63 ± 0.03^{a}	34.87 ± 0.04^{a}	1.32 ± 0.01^{r}	6.91 ± 0.02^{a}	12.61 ± 0.82^{a}
	1.5	1	0.00 ± 0.00^{q}	28.32 ± 0.00^{s}	2.68 ± 0.00^{a}	6.22 ± 0.00^{n}	8.6 ± 0^{a}
		3	0.82 ± 0.02^{l}	29.47 ± 0.03^{p}	2.43 ± 0.01^{cd}	6.31 ± 0.01^{mlk}	8.88 ± 0.16^{a}
		6	1.50 ± 83.01^{i}	31.19 ± 0.38^{j}	2.27 ± 0.07^{g}	6.46 ± 0.01^{gfe}	9.37 ± 0.28^{a}
		9	2.60 ± 2.03^{e}	32.71 ± 0.02^{d}	1.93 ± 0.01^{lm}	6.51 ± 0.02^{dce}	10.47 ± 0.03^{a}
		12	3.49 ± 0.03^{c}	33.87 ± 0.02^{b}	1.53 ± 0.02^{q}	6.55 ± 0.02^{c}	11.55 ± 0.04^{a}
150	**0**	1	0.00 ± 0.00^{q}	28.32 ± 0.00^{s}	2.68 ± 0.00^{a}	6.22 ± 0.00^{n}	8.6 ± 0^{a}
		3	0.63 ± 0.02^{m}	29.37 ± 0.05^{qp}	2.43 ± 0.02^{cd}	6.33 ± 0.01^{mlk}	8.9 ± 0.01^{a}
		6	0.95 ± 0.01^{k}	30.89 ± 0.01^{k}	2.24 ± 0.01^{h}	6.39 ± 0.01^{jih}	9.23 ± 0.02^{a}
		9	1.89 ± 0.02^{g}	32.04 ± 0.01^{f}	1.96 ± 0.01^{lk}	6.47 ± 0.01^{dfe}	10.31 ± 0.04^{a}
		12	2.94 ± 0.03^{d}	33.05 ± 0.02^{c}	1.56 ± 0.02^{qp}	6.53 ± 0.01^{dc}	11.32 ± 0.04^{a}
	1.5	1	0.00 ± 0.00^{q}	28.31 ± 0.00^{s}	2.68 ± 0.00^{a}	6.22 ± 0.00^{n}	8.6 ± 0^{a}
		3	0.38 ± 0.02^{o}	29.23 ± 91.05^{r}	2.41 ± 0.02^{bc}	6.31 ± 0.01^{ml}	8.88 ± 0.02^{a}
		6	0.65 ± 0.01^{m}	30.46 ± 0.01^{m}	2.26 ± 0.02^{f}	6.36 ± 0.01^{jik}	9.12 ± 0.02^{a}
		9	1.47 ± 0.01^{i}	31.34 ± 0.04^{i}	1.98 ± 0.01^{g}	6.40 ± 0.0^{1jih}	10.12 ± 0.05^{a}
		12	2.03 ± 0.03^{f}	32.29 ± 0.03^{e}	1.57 ± 0.01^{o}	6.42 ± 0.02^{gih}	10.88 ± 0.03^{a}
250	**0**	1	0.00 ± 0.00^{q}	28.32 ± 0.00^{s}	2.68 ± 0.00^{a}	6.22 ± 0.00^{n}	8.6 ± 0^{a}
		3	0.56 ± 0.01^{n}	29.26 ± 0.03^{qr}	2.45 ± 0.02^{de}	6.30 ± 0.01^{ml}	8.89 ± 0.01^{a}
		6	0.82 ± 0.03^{l}	30.67 ± 0.02^{l}	2.36 ± 0.01^{gh}	6.39 ± 0.01^{jih}	9.24 ± 0.22^{a}
		9	1.81 ± 0.01^{h}	31.74 ± 0.03^{g}	2.08 ± 0.03^{k}	6.44 ± 0.01^{g}	10.24 ± 0.06^{a}
		12	2.64 ± 0.04^{e}	32.70 ± 0.05^{d}	1.79 ± 0.02^{p}	6.51 ± 0.01^{dce}	11.17 ± 0.05^{a}
	1.5	1	0.00 ± 0.00^{q}	28.31 ± 0.00^{s}	2.68 ± 0.00^{a}	6.22 ± 0.00^{n}	8.6 ± 0^{a}
		3	0.31 ± 0.00^{p}	29.20 ± 0.01^{r}	2.47 ± 0.01^{b}	6.30 ± 0.01^{m}	8.82 ± 0.02^{a}
		6	0.54 ± 0.01^{n}	30.06 ± 0.01^{n}	2.38 ± 0.01^{ef}	6.32 ± 0.01^{mlk}	9.03 ± 0.03^{a}
		9	1.18 ± 0.03^{j}	30.90 ± 0.03^{k}	2.17 ± 0.03^{i}	6.34 ± 0.01^{jmlk}	10.02 ± 0.02^{a}
		12	1.76 ± 0.01^{h}	31.58 ± 0.01^{h}	1.91 ± 0.02^{m}	6.36 ± 0.01^{jlk}	10.62 ± 0.04^{a}

اعداد، میانگین ± انحراف معیار (سه تکرار) می‌باشند.

اعداد با حروف غیرمشابه سبب اختلاف معنی‌دار از لحاظ آزمون LSD می‌شود ($P \leq 0.05$).

Numbers are mean ± standard deviation (three replicates).

Different letters indicate a significant difference at $p<0.05$

انتقال بخار آب از قسمت آب دوست فیلم یا پوشش خوراکی انجام می‌شود و به نسبت اجزای آبدوست- آب‌گریز بستگی دارد (Norajit *et al.*, 2010). لذا با توجه به آبدوستی پوشش آلژینات به نظر می‌رسد افزودن اسانس لعل کوهستان به دلیل ماهیت آبگریز اسانس و تغییر در نسبت آب‌دوستی به آب‌گریزی پوشش خوراکی از میزان آب‌دوستی پوشش خوراکی کم کرده و در نهایت باعث کاهش از دست رفتن رطوبت در این پوشش شده است (Sánchez-González *et al.*, 2011). اومس اولیو و همکاران (Oms-Oliu *et al.*, 2008) نیز با بررسی اثر پوشش خوراکی فیلم آلژینات در سیب مشاهده کردند که پوشش خوراکی آلژینات سبب طولانی‌تر شدن مدت ماندگاری سیب شده بدون اینکه باعث تولید تنفس بی‌هوازی شود و سبب کاهش کاهش وزن در طول نگهداری شد.

کاروتنوئید

کاروتنوئیدها، ترکیباتی هستند که قادر هستند با اثرات مضر اما طبیعی فرآیند فیزیولوژیک اکسیداسیون در بافت‌ها مقابله کرده و سلول های بدن را در برابر رادیکال‌های آزاد حفظ نمایند (Mogharabi *et al.*, 2020). نتایج نشان داد که اثر اسانس، پوشش، زمان (P<۰/۰۱)

و اثر متقابل اسانس-پوشش (P<۰/۰۵) بر تغییرات میزان کاروتنوئید معنی‌دار بود اما اثرات متقابل اسانس-زمان، پوشش-زمان و اسانس-پوشش-زمان بر تغییرات آن معنی‌دار گزارش نشد (جدول ۳).

اثر متقابل پوشش آلژینات و اسانس بر کاروتنوئید هویج رنده‌شده در جدول ۵ نشان داد که در تیمارهای فاقد اسانس لعل کوهستان، نمونه فاقد آلژینات نسبت به نمونه حاوی ۱/۵ درصد آلژینات تفاوت معنی‌داری در میزان کاروتنوئید نداشتند اما با افزایش غلظت اسانس لعل کوهستان، در نمونه‌های حاوی آلژینات ۱/۵ درصد نسبت به نمونه فاقد آن میزان کاروتنوئید بالاتری گزارش شد (P<۰/۰۵)، به گونه‌ای که بیشترین میزان کاروتنوئید در نمونه حاوی ۲۵۰ ppm اسانس لعل کوهستان و ۱/۵ درصد آلژینات مشاهده گردید (۳۵,۲۹) (P<۰/۰۵). دانگ و همکاران (Dong *et al*., 2004) نیز به نتایج مشابهی دست یافتند. آنها با بررسی رشد و عملکرد بادام زمینی به وسیله پوشش خوراکی مشاهده کردند که پوشش خوراکی منجر به افزایش مقدار کاروتنوئید شد.

جدول ۳- مقایسهٔ میانگین اثرمتقابل آلژینات و اسانس لعل کوهستان بر تغییرات کاروتنوئید و مواد جامد محلول هویج رنده‌شده

Table 3- Mean comparison of Alginate and *Oliveria decumbens* Essential Oil on total soulable solid and carotenoid of grated carrot

غلظت اسانس لعل کوهستان *Oliveria decumbens* Essential Oil (ppm)	غلظت آلژینات Alginate(%)	مواد جامد محلول Total soulable solid	کاروتنوئید Caretenoid (mg/l)
0	0	10.11 ± 0.03^{a}	34.55 ± 0.03^{d}
	1.5	9.77 ± 0.03^{b}	34.57 ± 0.03^{d}
150	0	9.67 ± 0.03^{bc}	34.71 ± 0.03^{cd}
	1.5	9.52 ± 0.03^{de}	35.05 ± 0.03^{ab}
250	0	9.63 ± 0.03^{dc}	34.85 ± 0.03^{bc}
	1.5	9.42 ± 0.03^{e}	35.29 ± 0.03^{a}

اعداد، میانگین ± انحراف معیار (سه تکرار) می‌باشند.

اعداد با حروف غیرمشابه سبب اختلاف معنی‌دار از لحاظ آزمون LSD می‌شود ($P \le 0.05$).

Numbers are mean ± standard deviation (three replicates).

Different letters indicate a significant difference at p<0.05

مواد جامد محلول

مصرف‌کنندگان میوهٔ رسیده با مواد جامد محلول کل بالا را می‌پسندند (Burdon *et al*, 2004). نتایج نشان داد که اثر اسانس، پوشش، زمان و همچنین اثرات متقابل اسانس-زمان، پوشش-زمان (P<۰/۰۱) و اسانس-پوشش (P<۰/۰۵) بر تغییرات مواد جامد محلول معنی‌دار بود اما اثر متقابل اسانس-پوشش-زمان معنی‌دار بر تغییرات آن معنی‌دار گزارش نشد.

افزایش درصد مواد جامد محلول در زمان انبارداری فقط مربوط به اضافه شدن قند نیست، بلکه به افزایش و کاهش موادی مانند اسیدها، پکتین‌های محلول و ترکیبات فنلی نیز بستگی دارد (Amodio Colelli and Kader, 2007).

اثر متقابل پوشش آلژینات و اسانس بر شاخص مواد جامد محلول هویج رنده‌شده در جدول ۳ نشان داد که در تمام نمونه‌ها، با افزایش غلظت آلژینات میزان مواد جامد محلول کاهش معنی‌داری یافت (P<۰/۰۵)، به‌طوری‌که بالاترین میزان شاخص ذکرشده مربوط به نمونهٔ شاهد و پایین‌ترین میزان آن مربوط به آلژینات ۱/۵ درصد و اسانس لعل ۲۵۰ ppm بود (P<۰/۰۵). در حقیقت، استفاده از پوشش‌ها به خصوص به‌صورت ترکیبی مواد جامد محلول کل را در سطوح پایین‌تری نسبت به تیمار شاهد نگه‌داشته است (P<۰/۰۵)، چرا که پوشش‌ها با بستن روزنه‌ها و کم کردن میزان اتلاف رطوبت و وزن، موجب کندشدن روند افزایشی میزان مواد جامد محلول در طی زمان نگهداری گردیدند (Manthe *et al*., 1992). مطالعات عشقی و همکاران (Eshghi *et al*., 2013) نیز بیانگر این نکته بود که پوشش‌دهی توت‌فرنگی با کیتوزان از شدت تغییرات مواد جامد محلول در تیمارهای پوششی با کیتوزان نسبت به تیمار شاهد کم کرد.

اسید آسکوربیک

اسید آسکوربیک یکی از مهم‌ترین ویتامین‌ها در مواد غذایی به خصوص میوه‌ها و سبزیجات می‌باشد (Mogharabi *et al*., 2020). نتایج نشان داد که اثر اسانس، پوشش، زمان و همچنین اثرات متقابل اسانس-زمان، پوشش-زمان و اسانس-پوشش-زمان بر تغییرات اسید آسکوربیک معنی‌دار بود (P<۰/۰۱) اما اثر متقابل اسانس-پوشش بر تغییرات آن معنی‌دار گزارش نشد.

همانگونه که در جدول ۱ مشاهده می‌شود با افزایش غلظت اسانس لعل کوهستان، میزان اسید آسکوربیک افزایش یافت به گونه‌ای که نمونه حاوی ۲۵۰ ppm اسانس لعل کوهستان بالاترین و نمونه فاقد اسانس لعل کوهستان پایین‌ترین میزان شاخص مذکور را دارا بودند

(P<۰/۰۱). نمونه دارای پوشش آلژینات و نمونه فاقد آلژینات از لحاظ میزان اسید آسکوربیک دارای تفاوت معنی‌داری نسبت به یکدیگر بودند (P<۰/۰۱)، به گونه‌ای که نمونه حاوی ۱/۵ درصد آلژینات بالاترین و نمونه فاقد آن پایین‌ترین (P<۰/۰۱) میزان این شاخص را دارا بودند (جدول ۲). همچنین میانگین شاخص اسید آسکوربیک روزهای مختلف روندی نزولی داشت (P<۰/۰۱)، به گونه‌ای که هویج‌های رنده شده در روز اول نگهداری بالاترین و در روز ۱۲ پایین‌ترین میزان اسید آسکوربیک (P<۰/۰۱) را دارا بودند (جدول ۱) از طرفی در این مطالعه در بسته‌بندی اتمسفر اصلاح‌شده با گذر زمان میزان دی‌اکسیدکربن مقداری افزایش و اکسیژن کاهش داشت. اکسیژن یکی از عوامل مؤثر در کاهش اسید آسکوربیک بوده و موجب می‌شود که اسید آسکوربیک طی زمان نگهداری روندی کاهشی پیدا کند (Zhang, 2000).

اثر متقابل آلژینات، اسانس و زمان بر شاخص اسید آسکوربیک هویج رنده‌شده در جدول ۴ نشان داد که در تمامی تیمارها نمونه‌های حاوی آلژینات و اسانس لعل کوهستان (منفرد یا ترکیبی) نسبت به نمونه‌های فاقد آلژینات و اسانس اسید آسکوربیک بالاتری نشان دادند (P<۰/۰۱). به گونه‌ای که در روز ۱۲ نگهداری بیشترین میزان اسید آسکوربیک در نمونه حاوی ۲۵۰ ppm اسانس لعل کوهستان و ۱/۵ درصد آلژینات و کمترین میزان آن در نمونه شاهد مشاهده گردید (P<۰/۰۱). پوشش آلژینات حاوی اسانس و همچنین بسته‌بندی اتمسفر اصلاح شده اتمسفر درونی هویج را تغییر داده و میزان اکسیژن را کم و دی‌اکسیدکربن اطراف میوه را افزایش می‌دهند که کاهش تبادلات گازی محصول با محیط اطـراف، از جمله کاهـش اکسیژن ورودی به میوه منجر به کاهش اکسیداسیون اسیـدها، فنل‌ها و سایر ترکیبات مانند اسیدآسکوربیـک می‌گردد (Ayranci and Tunc, 2004). مشابه نتایج این پژوهش در مطالعات Xing و همکاران (Xing *et al.*, 2011) گـزارش شده است که پوشش کیتوزان منجـر به حفـظ اسیدآسکوربیک و تـرکیبات فنولیک در میوه‌های گوجه‌فرنگی و فلفل دلمه‌ای در انبار می‌گردد.

شاخص رنگ

حفظ رنگ یکی از مشخصه‌های کیفی محصولات تازه بوده و در پذیرش محصول از نظر مصرف کننده اهمیت بسیاری دارد (Kim and Rhee, 2015).

شاخص *L

یکی از معیارهای مهم، سفیدی ایجاد شده توسط خشک شدن سطحی هویج‌های رنده شده است. نتایج نشان داد که اثر اسانس، پوشش، زمان و همچنین اثرات متقابل اسانس-پوشش، اسانس-زمان، پوشش-زمان و اسانس-پوشش-زمان بر تغییرات شاخص *L معنی‌دار بود (P<۰/۰۱).

اثر متقابل آلژینات، ا سانس و زمان بر شاخص *L در جدول ۴ نشان داد که در روز اول نگهداری در تمامی تیمارها از لحاظ میزان شاخص *L تفاوت معنی‌داری دیده نشـد و همچنین در تمامی تیمارها با افزایش زمان نگهداری میزان شاخص مذکور کاهش معنی‌داری یافت (P<۰/۰۱). همچنین در تمامی تیمارها با افزایش غلظت آلژینات و همچنین غلظت اسانس لعل کوهستان، میزان شاخص *L و روشنایی افزایش معنی‌داری پیدا کرد (P<۰/۰۱)، به گونه‌ای که در روز ۱۲ نگهداری بیشـترین میزان شـاخص مذکور در نمونه حاوی ۲۵۰ ppm اسـانس لعل کوهسـتان و ۱/۵ درصـد آلژینات و کمترین میزان آن در نمونه شاهد گزارش شد (P<۰/۰۱). نتایج مطالعه‌های Rojas-Graü و همکاران (Rojas-Graü *et al.*, 2007) با نتایج به‌دست‌آمده از این پژوهش مطابقت داشت.

شاخص *b

نتایج نشان داد که اثر اسانس، پوشش، زمان و همچنین اثرات متقابل اسانس-زمان و پوشش-زمان (P<۰/۰۱) و اسانس-پوشش-زمان (P<۰/۰۱) بر تغییرات شاخص *b و زردی نمونه معنی‌دار بود ولی اسانس-پوشش بر تغییرات آن اثر معنی‌داری نداشت.

اثر متقابل آلژینات، اسانس و زمان بر شاخص *b و زردی نمونه در جدول ۴ نشان داد که در روز اول نگهداری در تمامی تیمارها از لحاظ میزان شاخص *b تفاوت معنی‌داری دیده نشد و با افزایش زمان نگهداری میزان شاخص مذکور افزایش معنی‌داری یافت (P<۰/۰۱). همچنین به غیر از روز اول، در تمامی تیمارها با افزایش غلظت آلژینات و اسانس لعل کوهستان، میزان شاخص *b کاهش معنی‌داری پیدا کرد (P<۰/۰۱)، به گونه‌ای که در روز ۱۲ نگهداری کمترین میزان شاخص مذکور در نمونه حاوی ۲۵۰ ppm اسانس لعل کوهستان و ۱/۵ درصد آلژینات و بیشترین میزان آن در نمونه شاهد گزارش شد (P<۰/۰۱).

جدول ٤- مقایسهٔ میانگین اثر متقابل آلژینات، اسانس لعل کوهستان و زمان بر تغییرات رنگ (*L،*b و *a) و دی‌اکسیدکربن در هویج رنده‌شده

Table 4- Mean comparison of Alginate and Oliveria decumbens Essential Oil on color change, and CO_2 concentration of grated carrot

غلظت اسانس لعل کوهستان (ppm) *Oliveria decumbens* Essential Oil (ppm)	غلظت آلژینات Alginate(%)	زمان (روز) Day	تغییرات دی‌اکسیدکربن CO_2 (%)	a*	b*	L*
0	0	1	5.37±0.00^{p}	28.31±0.00^{s}	35.53±0.00^{gf}	52.32±0.00^{a}
		3	18.8±0.02^{l}	29.70±0.02^{o}	33.88±0.02^{j}	51.25±0.02^{fe}
		6	30.43±0.02^{i}	31.57±0.02^{h}	35.59±0.02^{f}	49.07±0.02^{j}
		9	40.70±0.04^{f}	33.07±0.04^{c}	36.96±0.04^{c}	47.20±0.04^{m}
		12	49.77±0.82^{a}	34.87±0.82^{a}	38.85±0.82^{a}	46.08±0.82^{n}
	1.5	1	5.32±0.00^{qp}	28.32±0.00^{s}	35.52±0.00^{gf}	52.32±0.00^{a}
		3	18.50±0.16^{m}	29.47±0.16^{p}	33.64±0.16^{kl}	51.44±0.16^{ced}
		6	30.27±0.28^{j}	31.19±0.28^{j}	34.98±0.28^{h}	49.66±0.28^{i}
		9	40.57±0.03^{f}	32.71±0.03^{d}	35.99±0.03^{e}	47.40±0.03^{m}
		12	49.53±0.04^{b}	33.87±0.04^{b}	38.04±0.04^{b}	46.28±0.04^{n}
150	0	1	5.13±0.00^{qp}	28.32±0.00^{s}	35.53±0.00^{gf}	52.33±0.00^{a}
		3	18.27±0.01^{n}	29.37±0.01^{qp}	33.42±0.01^{ml}	51.61±0.01^{cbd}
		6	30.32±0.02^{j}	30.89±0.02^{k}	34.62±0.02^{i}	49.98±0.02^{h}
		9	40.57±0.04^{f}	32.04±0.04^{f}	35.53±0.04^{gf}	47.96±0.04^{l}
		12	49.23±0.04^{c}	33.05±0.04^{c}	36.88±0.04^{c}	47.20±0.04^{m}
	1.5	1	5.23±0.00^{qp}	28.31±0.05^{s}	35.53±0.05^{gf}	52.33±0.00^{a}
		3	18.20±0.01^{n}	29.23±0.00^{r}	33.33±0.00^{m}	51.80±0.01^{b}
		6	30.00±0.01^{k}	30.46±0.02^{m}	33.85±0.02^{kj}	51.03±0.22^{f}
		9	40.20±0.01^{g}	31.34±0.02^{i}	35.07±0.02^{h}	49.60±0.06^{i}
		12	48.90±0.01^{d}	32.29±0.05^{e}	36.17±0.05^{e}	48.58±0.05^{k}
250	0	1	5.17±0.01^{q}	28.32±0.00^{s}	35.52±0.00^{gf}	52.33±0.00^{a}
		3	18.23±0.01^{n}	29.26±0.02^{qr}	33.39±0.02^{m}	51.69±0.02^{cb}
		6	30.20±0.01^{j}	30.67±0.03^{l}	34.52±0.03^{i}	50.46±0.02^{g}
		9	40.20±0.01^{g}	31.74±0.02^{g}	35.35±0.02^{g}	48.97±0.05^{j}
		12	49.00±0.01^{d}	32.70±0.04^{d}	36.58±0.04^{d}	47.74±0.03^{l}
	1.5	1	5.13±0.01^{q}	28.31±0.00^{s}	35.53±0.00^{gf}	52.33±0.00^{a}
		3	18.03±0.01^{o}	29.20±0.02^{r}	33.27±0.02^{m}	51.85±0.02^{b}
		6	30.00±0.01^{k}	30.06±0.03^{n}	34.05±0.03^{j}	51.35±0.03^{ed}
		9	39.93±0.01^{h}	30.90±0.02^{k}	34.71±0.02^{i}	50.68±0.02^{g}
		12	48.30±0.01^{e}	31.58±0.04^{h}	35.55±0.04^{gf}	49.79±0.04^{ih}

اعداد، میانگین ±انحراف معیار (سه تکرار) می‌باشند.

اعداد با حروف غیرمشابه نشانگر اختلاف معنی‌دار از لحاظ آزمون LSD است ($P \leq 0.05$).

Numbers are mean ± standard deviation (three replicates).
Different letters indicate a significant difference at $p<0.05$

در بررسی انجام شده توسط Rojas-Graü و همکاران (Rojas-Graü *et al*., 2007) که از پوشش خوراکی آلژینات به همراه عوامل ضد میکروبی برای افزایش زمان ماندگاری برش های تازه سیب استفاده کردند، به کارگیری پوشش آلژینات باعث کاهش معنی‌داری در میزان تغییرات *b در نمونه‌های پوشش داده شده نسبت به تیمار شاهد شد.

شاخص *a

میزان *a یک پارامتر خوب برای نشان دادن توسعه رنگ قرمز و درجه‌ی رسیدگی در میوه می‌باشد (Mogharabi *et al*., 2020). نتایج نشان داد که اثر اسانس، پوشش، زمان و همچنین اثرات متقابل اسانس-پوشش، اسانس-زمان، پوشش-زمان و اسانس-پوشش-زمان بر تغییرات شاخص مذکور معنی‌دار بود (P<۰/۰۱). اثر متقابل آلژینات، اسانس و زمان بر شاخص *a و قرمزی نمونه در جدول ۴ نشان داد که در روز اول نگهداری در تمامی تیمارها از لحاظ میزان شاخص مذکور تفاوت معنی‌داری دیده نشد و در تمامی تیمارها با افزایش زمان نگهداری میزان شاخص *a افزایش معنی‌داری یافت (P<۰/۰۱). همچنین در تمامی تیمارها به غیر از روز اول، با افزایش غلظت آلژینات و اسانس لعل کوهستان میزان شاخص *a کاهش معنی‌داری پیدا کرد (P<۰/۰۱)، به گونه‌ای که در روز ۱۲ نگهداری کمترین میزان شاخص

مذکور در نمونه حاوی ۲۵۰ ppm اسانس لعل کوهستان و ۱/۵ درصد آلژینات و بیشترین میزان آن در نمونه شاهد گزارش شد. نتایج مطالعه‌ی روجاز گرو و همکاران (Rojas-Graü *et al.*, 2007) با نتایج به‌دست‌آمده از این پژوهش مطابقت داشت.

نتایج آزمونهای حسی

ارزیابی حسی

رنگ حسی

نتایج نشان داد که اثر اسانس، پوشش (P<۰/۰۵) و زمان (P<۰/۰۱) بر تغییرات رنگ حسی معنی‌دار بود اما اثرات متقابل اسانس-پوشش، اسانس-زمان، پوشش-زمان و اسانس-پوشش-زمان بر تغییرات آن معنی‌دار گزارش نشد.

همانگونه که در جدول ۱ مشاهده می‌شود نمونه فاقد اسانس لعل کوهستان نسبت به نمونه‌های حاوی اسانس لعل کوهستان میزان امتیاز رنگ پایین‌تری از دید ارزیابان حسی کسب کردند (P<۰/۰۵). با افزایش غلظت اسانس لعل کوهستان، میزان امتیاز رنگ از دید ارزیابان افزایش یافت که البته این افزایش معنی‌دار نبود. نمونه دارای پوشش آلژینات و نمونه فاقد آن از لحاظ میزان رنگ از دید ارزیابان حسی دارای تفاوت معنی‌داری نسبت به یکدیگر بودند (P<۰/۰۵)، به گونه‌ای که نمونه حاوی ۱/۵ درصد آلژینات بالاترین و نمونه فاقد آن کمترین میزان امتیاز رنگ حسی (P<۰/۰۵) را از دید ارزیابان دارا بودند (جدول ۲). همچنین در روز اول و سوم نگهداری میزان شاخص مذکور از دید ارزیابان حسی تفاوت معنی‌داری نداشت و با افزایش زمان نگهداری، میزان آن کاهش (P<۰/۰۱) معنی‌داری یافت (جدول ۳). به عبارتی مصرف‌کنندگان تا روز ۳ نگهداری تفاوتی با نمونه‌های روز اول مشاهده نکردند و با افزایش زمان نگهداری متوجه تغییرات در رنگ هویج‌های رنده شده شدند.

طعم حسی

شیرینی عامل بسیار مهم برای پذیرش هویج رنده‌شده توسط مصرف‌کنندگان، پس از استحکام، آبداربودن، عطروطعم و طراوت درنظرگرفته‌شده است (Mogharabi *et al.*, 2020). نتایج نشان داد که اثر زمان (P<۰/۰۱) بر تغییرات طعم حسی معنی‌دار بود اما اثر اسانس، پوشش و اثرات متقابل اسانس-پوشش، اسانس-زمان، پوشش-زمان و اسانس-پوشش-زمان بر تغییرات آن معنی‌دار گزارش نشد.

همانگونه که در جدول ۱ مشاهده می‌شود نمونه‌های حاوی اسانس لعل کوهستان و همچنین نمونه‌های دارای پوشش آلژینات نسبت به نمونه شاهد از لحاظ میزان طعم تفاوت معنی‌داری از دید ارزیابان حسی نداشتند. شاخص مذکور از دید ارزیابان حسی در روز اول و سوم نگهداری تفاوت معنی‌داری نداشتند. با افزایش زمان نگهداری، میزان طعم از دید ارزیابان حسی کاهش معنی‌داری یافت (P<۰/۰۱)، به گونه ای که هویج‌های رنده شده در روز اول بالاترین و در روز ۱۲ پایین‌ترین (P<۰/۰۱) میزان میزان امتیاز طعم را دارا بودند (جدول ۱و ۵). به عبارتی با افزایش زمان ماندگاری تغییرات در طعم هویج‌های رنده شده مشاهده شد.

عطر حسی

نتایج نشان داد که اثر زمان بر تغییرات عطر از دید ارزیابان حسی معنی‌دار بود (P<۰/۰۱) اما اثر پوشش، اسانس، اثرات متقابل اسانس-پوشش، اسانس-زمان، پوشش-زمان و اسانس-پوشش-زمان بر تغییرات آن معنی‌دار گزارش نشد.

همانگونه که در جدول ۱ مشاهده می‌شود میزان عطر از دید ارزیابان حسی در روز اول و سوم نگهداری تفاوت معنی‌داری نداشتند. با افزایش زمان نگهداری، میزان عطر از دید ارزیابان کاهش معنی‌داری یافت (P<۰/۰۱)، به گونه‌ای که هویج‌های رنده شده در روز اول و سوم بالاترین و در روز ۱۲ پایین‌ترین میزان امتیاز عطر را دارا بودند (P<۰/۰۱). به عبارتی افزایش زمان ماندگاری سبب کاهش عطر نمونه‌ها گردید (جدول ۵).

مقبولیت حسی

نتایج نشان داد که اثر اسانس و زمان بر تغییرات مقبولیت حسی معنی‌دار بود (P<۰/۰۱) اما اثر پوشش و اثرات متقابل اسانس-پوشش، اسانس-زمان، پوشش-زمان و اسانس-پوشش-زمان بر تغییرات آن معنی‌دار گزارش نشد.

همانگونه که در جدول ۱ مشاهده می‌شود غلظت‌های ۱۵۰ و ۲۵۰ ppm اسانس لعل کوهستان نسبت به یکدیگر تفاوت معنی‌داری نداشتند، ولی نسبت به نمونه فاقد اسانس لعل کوهستان به طور معنی داری مقبولیت بالاتری از دید ارزیابان کسب کردند (P<۰/۰۱). همچنین روز اول و سوم نگهداری از لحاظ مقبولیت تفاوت معنی‌داری با یکدیگر نداشتند و با افزایش زمان نگهداری از روز ۶ تا روز ۱۲ نگهداری، میزان شاخص مذکور از دید ارزیابان کاهش معنی‌داری یافت (P<۰/۰۱)، به گونه‌ای که هویج‌های رنده شده در روز اول و سوم بالاترین و در روز ۱۲ پایین‌ترین (P<۰/۰۱) میزان مقبولیت را دارا بودند (جدول ۵).

بنابراین از نتایج به‌دست‌آمده از ارزیابی حسی می‌توان نتیجه گرفت که تیمارها عملکردهای متفاوتی از دید ارزیاب‌ها داشتند، اما به‌طور کلی به‌نظرمی‌رسد آلژینات و اسانس به‌کاررفته اثر نامطلوبی بر فاکتورهای

حسی نداشت. به گونه‌ای که در تمام فاکتورهای حسی، تیمارهای ترکیبی امتیاز بالایی کسب نمودند. نتایج این پژوهش با یافته‌های بررسی‌های سایر محققان مبنی بر اینکه پوشش‌های خوراکی به‌عنوان یک لایه باعث کاهش ازدست‌رفتن وزن و به‌تأخیرافتادن کاهش آب محصول، بهبود و به‌هم‌پیوستگی بافت و حفظ ویژگی‌های حسی میوه‌ها و سبزی‌ها می‌شوند (Bahraminan *et al*., 2010)، مطابقت داشت.

جدول ۵- مقایسهٔ میانگین اثر متقابل آلژینات، اسانس لعل کوهستان و زمان بر ارزیابی حسی هویج رنده‌شده

Table 5- Mean comparison of Alginate and *Oliveria decumbens* Essential Oil sensory evaluation of grated carrot

غلظت اسانس لعل کوهستان (ppm) ***Oliveria decumbens* Essential Oil (ppm)**	غلظت آلژینات **Alginate(%)**	زمان (روز) **Day**	مقبولیت **Acceptance**	عطر **Aroma**	طعم **Flavor**	رنگ **Color**
0	0	1	5±0^{a}	5±0^{a}	5±0^{a}	5±0^{a}
		3	5±0^{a}	5±0^{a}	5±0^{a}	5±0^{a}
		6	52^{a}.4±0.4	48^{a}.3±0.4	48^{a}.3±0.4	48^{a}.3±0.4
		9	7^{a}.6±0.2	53^{a}.5±0.2	57^{a}.1±0.3	48^{a}.3±0.3
		12	32^{a}.1±0.2	67^{a}.2±0	57^{a}.1±0.2	52^{a}.6±0.2
	1.5	1	5±0^{a}	5±0^{a}	5±0^{a}	5±0^{a}
		3	5±0^{a}	5±0^{a}	5±0^{a}	5±0^{a}
		6	53^{a}.5±0.4	52^{a}.4±0.4	52^{a}.4±0.4	52^{a}.6±0.4
		9	7^{a}.6±0.2	52^{a}.6±0.2	57^{a}.1±0.3	52^{a}.4±0.3
		12	42^{a}.2±0.2	63^{a}.2±0.2	63^{a}.2±0.2	48^{a}.7±0.2
150	0	1	5±0^{a}	5±0^{a}	5±0^{a}	5±0^{a}
		3	5±0^{a}	5±0^{a}	5±0^{a}	5±0^{a}
		6	53^{a}.5±0.4	48^{a}.3±0.4	52^{a}.4±0.4	53^{a}.5±0.4
		9	74^{a}.9±0.2	48^{a}.7±0.2	57^{a}.1±0.3	52^{a}.4±0.3
		12	48^{a}.3±0.2	47^{a}.2±0	63^{a}.2±0.2	42^{a}.8±0.2
	1.5	1	5±0^{a}	5±0^{a}	5±0^{a}	5±0^{a}
		3	5±0^{a}	5±0^{a}	5±0^{a}	5±0^{a}
		6	53^{a}.5±0.4	53^{a}.5±0.4	53^{a}.5±0.4	48^{a}.7±0.4
		9	67^{a}.3±0	52^{a}.6±0.2	67^{a}.3±0	52^{a}.6±0.3
		12	53^{a}.5±0.2	57^{a}.1±0.2	42^{a}.2±0.2	3±0^{a}
250	0	1	5±0^{a}	5±0^{a}	5±0^{a}	5±0^{a}
		3	5±0^{a}	5±0^{a}	32^{a}.9±0.4	5±0^{a}
		6	52^{a}.6±0.4	52^{a}.4±0.4	52^{a}.4±0.4	53^{a}.5±0.4
		9	74^{a}.9±0.2	48^{a}.7±0.2	57^{a}.1±0.3	53^{a}.5±0.3
		12	52^{a}.4±0.2	63^{a}.2±0.2	57^{a}.1±0.2	57^{a}.9±0.2
	1.5	1	5±0^{a}	5±0^{a}	5±0^{a}	5±0^{a}
		3	5±0^{a}	5±0^{a}	5±0^{a}	5±0^{a}
		6	42^{a}.8±0.4	52^{a}.6±0.4	53^{a}.5±0.4	52^{a}.6±0.4
		9	79^{a}.2±0.3	48^{a}.7±0.2	3±0/67^{a}	53^{a}.5±0.3
		12	52^{a}.6±0.2	57^{a}.1±0.2	52^{a}.4±0.2	3±0^{a}

اعداد، میانگین ± انحراف معیار (سه تکرار) می‌باشند.

اعداد با حروف غیرمشابه سبب اختلاف معنی‌دار از لحاظ آزمون LSD می‌شود ($P \leq 0.05$).

Numbers are mean ± standard deviation (three replicates).

Different letters indicate a significant difference at $p<0.05$

تغییرات اتمسفر گاز بسته در طول زمان

اکسیژن

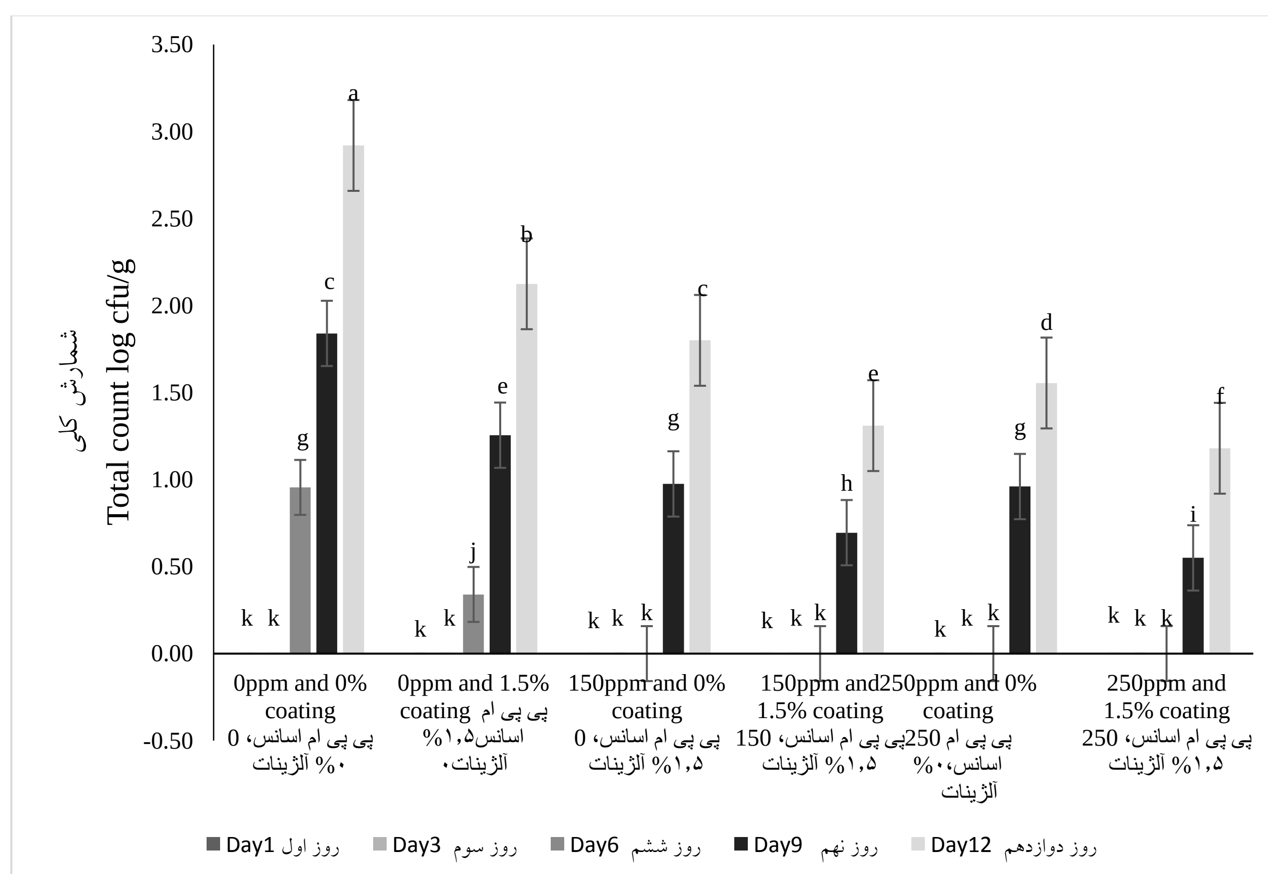
اندازه‌گیری غلظت گازهای موجود در بسته نشان داد که میزان دی‌اکسیدکربن موجود در بسته‌ها با گذشت زمان روندی افزایشی داشت ولی غلظت اکسیژن موجود در بسته‌ها در روز ۳ به صفر رسید (جدول ۱).

دی‌اکسیدکربن

نتایج نشان داد که اثر اسانس، پوشش، زمان و همچنین اثرات متقابل اسانس-پوشش ($P<۰/۰۱$)، اسانس-زمان، پوشش-زمان و

اسانس-پوشش-زمان بر تغییرات شاخص دی‌اکسیدکربن معنی‌دار بود (P<۰/۰۱).

اثر متقابل آلژینات، اسانس و زمان بر شاخص دی‌اکسیدکربن در جدول ۴ نشان داد که در تمامی تیمارها با افزایش زمان نگهداری شاخص مذکور افزایش معنی‌داری یافت (P<۰/۰۱) و با افزایش غلظت آلژینات (به غیر از روز اول نگهداری) و غلظت اسانس لعل کوهستان (به غیر از روز اول و سوم نگهداری) میزان دی‌اکسیدکربن کاهش معنی‌داری یافت (P<۰/۰۱)، به گونه‌ای که در روز ۱۲ نگهداری کمترین میزان دی‌اکسیدکربن در نمونه حاوی ۲۵۰ ppm اسانس لعل کوهستان و ۱/۵ درصد آلژینات و بیشترین میزان آن در نمونه شاهد گزارش شد. به علت تنفس هوازی سلول‌های هویج و پس از آن بر اثر تنفس بی‌هوازی سلول‌های هویج و همچنین تنفس بی‌هوازی میکروب‌ها میزان دی‌اکسیدکربن در بسته‌بندی‌های هویج‌های رنده‌شده در سه روز اول نگهداری افزایش یافت و در بسته‌های حاوی نمونهٔ شاهد در روز ۱۲ نگهداری بیشترین میزان آن مشاهده گردید.



شکل ۱- مقایسه میانگین اثرمتقابل پوشش آلژینات و اسانس لعل کوهستان بر شمارش کلی در هویج رنده شده

Fig. 1- Mean comparison of Alginate and *Oliveria decumbens* Essential Oil on total Count of grated carrot

نتایج آزمونهای میکروبی

تعیین بار میکروبی

شمارش کلی

نتایج نشان داد که اثر اسانس، پوشش، زمان و همچنین اثرات متقابل اسانس-پوشش، اسانس-زمان، پوشش-زمان و اسانس-پوشش-زمان بر شمارش کلی معنی‌دار بود (P<۰/۰۱).

اثر متقابل آلژینات، اسانس و زمان در شکل ۱ نشان داد که شمارش کلی در تمامی تیمارها با افزایش زمان نگهداری افزایش معنی‌داری یافت (P<۰/۰۱). شاخص مذکور در نمونه‌های فاقد اسانس لعل کوهستان (حاوی و فاقد آلژینات) نسبت به نمونه‌های حاوی اسانس لعل کوهستان به طور معنی‌داری بالاتر بود (P<۰/۰۱). همچنین در تمامی تیمارها با افزایش غلظت آلژینات، میزان شمارش کلی کاهش معنی‌داری پیدا کرد (P<۰/۰۱). به گونه‌ای که در روز ۱۲ نگهداری کمترین میزان شاخص مذکور در نمونه حاوی ۲۵۰ ppm اسانس لعل کوهستان و ۱/۵ درصد آلژینات و بیشترین میزان آن در نمونه فاقد آلژینات و اسانس لعل کوهستان گزارش شد (P<۰/۰۱) (شکل ۱)، که

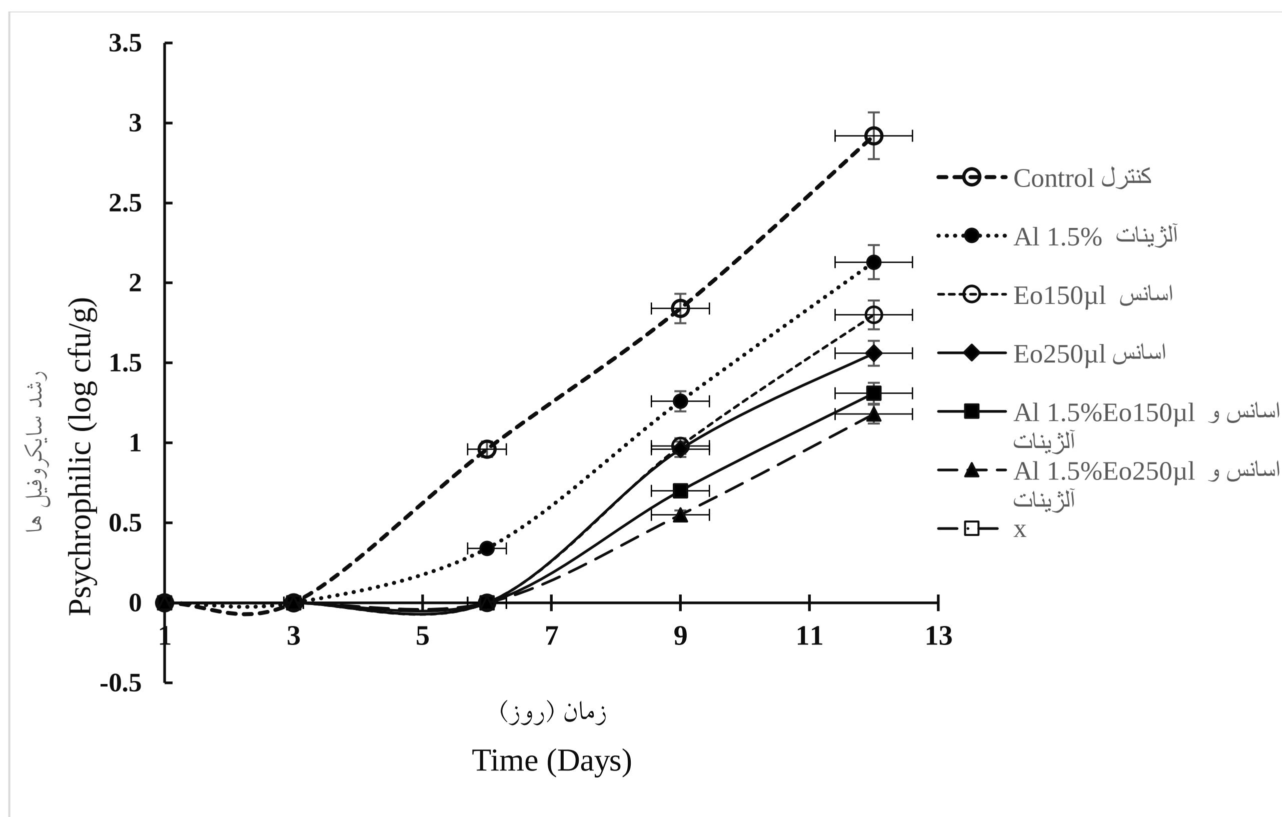
به‌نظرمی‌رسد به‌خاطر خاصیت ضدمیکروبی اسانس لعل کوهستان و تأثیر مثبت آن بر کاهش آلودگی باشد (Sánchez-González *et al.*, 2011). از طرفی مخلوط نیتروژن و دی‌اکسیدکربن با فراهم‌کردن یک محیط بی‌هوازی و جلوگیری از رشد میکروارگانیسم‌های هوازی، از پیشرفت فساد جلوگیری کرده و باعث افزایش عمر ماندگاری می‌شود (Sandhya, 2010). میزان اکسیژن و دمای محیط بر میزان فعالیت ضدمیکروبی اسانس تاثیرگذار است، به‌طوری‌که میزان فعالیت ضدباکتریایی اسانس در غلظت‌های پایین اکسیژن بیشتر می‌شود که مطابق با نتایج Atress و همکاران (Atress *et al.*, 2010) بود.

جمعیت کپک و مخمر

نتایج حاصل از شمارش کپک و مخمر نمونه‌ها هیچ‌گونه رشدی از کپک و مخمر تا روز ۱۲ را نشان نداد. در بیان علت آن می‌توان گفت که محصول تازه معمولاً دارای بافت زنده بوده و تنفس می‌کنند. بنابراین اکسیژن مصرف و دی اکسید کربن و ترکیبات فراری مانند اسیدهای چرب کوتاه زنجیر و الکل‌ها را تولید می‌نمایند. دی‌اکسید کربن خاصیت ضد قارچی و ضد باکتریایی داشته که این خاصیت بستگی زیادی به غلظت آن دارد. نتایج مطالعه‌ی مقربی و همکاران (Mogharabi *et al.*, 2020) با نتایج به‌دست‌آمده از این پژوهش مطابقت داشت.

جمعیت سایکروفیل

همانگونه که در شکل ۲ مشاهده می‌شود در تمام نمونه‌های حاوی اسانس لعل کوهستان و فاقد اسانس، نمونه حاوی آلژینات نسبت به نمونه فاقد آلژینات از لحاظ میزان سایکروفیل تفاوت معنی‌داری داشتند (P<۰/۰۱)، به گونه‌ای که در تمامی نمونه‌های حاوی اسانس لعل کوهستان و فاقد اسانس، نمونه‌های حاوی ۱/۵ ٪ آلژینات نسبت به نمونه فاقد آن سایکروفیل کمتری را دارا بودند (P<۰/۰۱) و کمترین میزان سایکروفیل در نمونه حاوی ۲۵۰ ppm اسانس لعل کوهستان و ۱/۵٪ آلژینات مشاهده گردید (P<۰/۰۱).



شکل ۲- مقایسه میانگین اثرمتقابل پوشش آلژینات و اسانس لعل کوهستان بر رشد سایکروفیل در هویج رنده شده

Fig. 2- Mean comparison of Alginate and *Oliveria decumbens* Essential Oil on psychrophilic Count of grated carrot

نتیجه‌گیری

یافته‌های پـژوهش حاضـر نشان داد افزودن اسانس لعل کوهستان و آلژینات به هویج رنده‌شده در بسته‌های با اتمسفر اصلاح‌شده در طول انبارداری در کاهش تنفس، ازدست‌دادن آب، افزایش عمر نگهداری و کاهش بار میکروبی مؤثر بود و نمونۀ آلژینات ۱/۵ درصد و اسانس لعل ۲۵۰ ppm بهترین خصوصیات شیمیایی، میکروبی و حسی را نشان داد. نتایج حاکی از آن بود که با ترکیب بسته‌بندی با اتمسفر اصلاح‌شده و پوشش آلژینات حاوی اسانس لعل کوهستان، می‌توان محصول جدید هویج رنده‌شده آماده‌مصرف را به بازار مصرف ایران ارائه نمود به‌طوری‌که ماندگاری و خصوصیات کیفی خود را در طول نگهداری حفظ نماید.

منابع

1. Acevedo, C.A., López, D.A., Tapia, M.J., Enrione, J., Skurtys, O., Pedreschi, F., ... & Osorio, F. (2012). Using RGB image processing for designing an alginate edible film. *Food and Bioprocess Technology*, *5*, 1511-1520. https://doi.org/10.1007/s11947-010-0453y
2. Amin, G., Sourmaghi, M.S., Zahedi, M., Khanavi, M., & Samadi, N. (2005). Essential oil composition and antimicrobial activity of *Oliveria decumbens*. *Fitoterapia*, *76*(7-8), 704-707.
3. Amodio Colelli, H., & Kader, A.A. (2007), A comparative study of composition and postharvest performance of organically and conventionally grown kiwifruits, *Science of Food and Agriculture*, *87*, 1236-1228.
4. AOAC. (1990). *Association of Official Analytical Chemists*. Chemical compositions, nutritional properties and volatile compounds of guddaim (Grewia Tenax. Forssk) Fiori Fruits. In.
5. Atress, A., El-Mogy, M.M., Aboul-Anean, H.E., & Alsanius, B.W. (2010). Improving strawberry fruit storability by edible coatingas a carrier of thymol or calcium chloride, *Horticultural Science & Ornamental Plants*, *2*, 88-97.
6. Ayhan, Z., Esturk, O., & TAŞ, E. (2008). Effect of modified atmosphere packaging on the quality and shelf life of minimally processed carrots. *Turkish Journal of Agriculture*, *32*, 57-62.
7. Ayranci, E., & Tunc, S. (2004). The effect of edible coatings on water and vitamin C loss of apricots (*Armeniaca vulgaris* Lam.) and green peppers (*Capsicum annuum* L.), *Food Chemistry*, *87*, 339-342. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2003.12.003
8. Babalar, M., Asgarpour, A., & Asgari, M.A. (2015). The effect of pre and postharvest treatment of salicylic acid and putrescine on some fruit quality of Granny Smith apple. *Journal of Horticultural Science*, *28*(4), 479-486.
9. Badi, H.N., Naghavi, M., Asadi, S., Moghaddam, H., & Salami, A.R. (2021). Home Browse Journal Info Guide for Authors Submit Manuscript Reviewers Contact Us The effect of deficient irrigation on growth period duration and phenology of some Cannabis ecotypes, *23*(3). https://doi.org/10.22067/ifstrj.v8i3.18476
10. Bahramian, F., & Javanmard, M. (2010). Shelf-life stability of fresh-cuts melon coated with whey protein stored at low temperatures. *Iranian Journal of Nutrition Sciences & Food Technology*, *5*(2), 53-62.
11. Batu, A., & Thompson, A.K. (1998). Effects of modified atmosphere packaging on post harvest qualities of pink tomatoes. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, *22*(4), 365-372.
12. Becaro, A.A., Puti, F.C., Panosso, A.R., Gern, J.C., Brandão, H.M., Correa, D.S., & Ferreira, M.D. (2016). Postharvest quality of fresh-cut carrots packaged in plastic films containing silver nanoparticles. *Food and Bioprocess Technology*, *9*, 637-649. https://doi.org/10.1007/s11947-015-1656-z
13. Burdon, J., McLeod, D., Lallu, N., Gamble, J., Petley, M., & Gunson, A. (2004). Consumer evaluation of "Hayward" kiwifruit of different at-harvest dry matter contents. *Postharvest Biology and Technology*, *34*(3), 245-255. https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2004.04.009
14. Cho, S.S., & Dreher, M.L. (2001). *Handbook of dietary fiber*. 1_{th} edn, USA: CRC Press, 15.
15. Dong, H., Cheng, L., Tan, J., Zheng, K., & Jiang, Y. (2004). Effects of chitosan coating on quality and shelf life of peeled litchi fruit. *Journal of Food Engineering*, *64*(3), 355-358. https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2003.11.003
16. Esmaeili, Y., Zamindar, N., Paidari, S., Ibrahim, S.A., & Mohammadi Nafchi, A. (2021). The synergistic effects of aloe vera gel and modified atmosphere packaging on the quality of strawberry fruit. *Journal of Food Processing and Preservation*, *45*(12), p.e16003. https://doi.org/10.1111/jfpp.16003
17. Esmaeili, Y., Paidari, S., Baghbaderani, S.A., Nateghi, L., Al-Hassan, A.A., & Ariffin, F. (2021). Essential oils as natural antimicrobial agents in postharvest treatments of fruits and vegetables: a review. *Journal of Food Measurement and Characterization*, 1-16. https://doi.org/10.1007/s11694-021-01178-0
18. Eshghi, S., Hashemi, M., Mohammadi, A., Badie, F., Hosseini, Z.M., Ahmadi, K., & Ghanati, K. (2013). Effect of nano-emulsion coating containing chitosan on storability and qualitative characteristics of strawberries after picking. *Iranian Journal of Nutrition Sciences & Food Technology*, *8*(2), 9-19.

19. Falahi, E., Ghiasvand, A., Ebrahimzadeh, F., & Khalkhali Rad, A.H. (2013). The determination of vitamin C, organic acids, phenolic compounds concentration of Red and Golden delicious apple grown in Lorestan province. *Yafte, 15*(2), 5-14.
20. Ghorbani, Z., Zamindar, N., Baghersad, S., Paidari, S., Jafari, S.M., & Khazdooz, L. (2021). Evaluation of quality attributes of grated carrot packaged within polypropylene-clay nanocomposites. *Journal of Food Measurement and Characterization*, *15*(4), 3770-3781. https://doi.org/10.1007/s11694-021-00925-7
21. Ghorbani, Z., Zamindar, N., Jelvan, M., & Golabadi, M. (2020). Effect of *Oliveria decumbens* essential oils on microbial characteristics of hamburger. *Food Hygiene*, *10*(2 (38)), 77-93.
22. Gol, N.B., Patel, P.R., & Rao, T.V.R. (2013). Improvement of quality and shelf-life of strawberries with edible coatings enriched with chitosan. *Postharvest Biology and Technology*, *85*, 185-195.
23. Jobling, J. (2001). Modified atmosphere packaging: Not as simple as it seems. *Good Fruit and Vegetables Magazine*, *11*, 1-3.
24. Kim, S.A., & Rhee, M.S. (2015). Synergistic antimicrobial activity of caprylic acid in combination with citric acid against both Escherichia coli O157: H7 and indigenous microflora in carrot juice. *Food Microbiology*, *49*, 166-172. https://doi.org/10.1016/j.fm.2015.02.009
25. Larsen, H., & Wold, A.B. (2016). Effect of modified atmosphere packaging on sensory quality, chemical parameters and shelf life of carrot roots (*Daucus carota* L.) stored at chilled and abusive temperatures. *Postharvest Biology and Technology*, *114*, 76-85. https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2015.11.014
26. Lu, F., Liu, D., Ye, X., Wei, Y., & Liu, F. (2009). Alginate–calcium coating incorporating nisin and EDTA maintains the quality of fresh northern snakehead (*Channa argus*) fillets stored at 4 C. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, *89*(5), 848-854. https://doi.org/10.1002/jsfa.3523
27. Manthe, B., Schulz, M., & Schnabl, H. (1992). Effects of salicylic acid on growth and stomatal movements of *Vicia faba* L: evidence for salicylic acid metabolization, *Journal of Chemical Ecology*, *18*, 1525–1539.
28. Mogharabi, A., Zamindar, N., Khosravi, E., & Ghorbani, Z. (2020). The effects of *Oliveria decumbens* essential oil and chitosan on physicochemical, microbial and sensory characteristics of grated carrots in polypropylene packaging under modified atmosphere during storage. *Research and Innovation in Food Science and Technology*, *9*(2), 203-220. https://doi.org/10.22101/JRIFST.2020.209697.1127
29. Norajit, K., Kim, K.M., & Ryu, G.H. (2010). Comparative studies on the characterization and antioxidant properties of biodegradable alginate films containing ginseng extract. *Journal of Food Engineering*, *98*(3), 377-384. https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2010.01.015
30. Oms-Oliu, G., Soliva-Fortuny, R., & Martín-Belloso, O. (2008). Edible coatings with antibrowning agents to maintain sensory quality and antioxidant properties of fresh-cut pears. *Postharvest Biology and Technology*, *50*(1), 87-94. https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2008.03.005
31. Quitão-Teixeira, L. J., Odriozola-Serrano, I., Soliva-Fortuny, R., Mota-Ramos, A., & Martín-Belloso, O. (2009). Comparative study on antioxidant properties of carrot juice stabilised by high-intensity pulsed electric fields or heat treatments. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, *89*(15), 2636-2642. https://doi.org/10.1002/jsfa.3767
32. Rad, M., Ghafori, H., & Gholami, Z. (2020). Effect of edible coating containing carboxymethyl cellulose and sodium metabisulfite on the shelf life of the button mushroom. *Iranian Food Science and Technology Research Journal*, *16*(5), 581-605. https://doi.org/10.22067/ifstrj.v16i5.83614
33. Rocha, A. M., Ferreira, J. F., Silva, Â. M., Almeida, G. N., & Morais, A. M. (2007). Quality of grated carrot (var. Nantes) packed under vacuum. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, *87*(3), 447-451. https://doi.org/10.1002/jsfa.2723
34. Rojas-Graü, M.A., Tapia, M.S., Rodríguez, F.J., Carmona, A.J., & Martin-Belloso, O. (2007). Alginate and gellan-based edible coatings as carriers of antibrowning agents applied on fresh-cut Fuji apples. *Food Hydrocolloids*, *21*(1), 118-127. https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2006.03.001
35. Sánchez-González, L., Vargas, M., González-Martínez, C., Chiralt, A., & Chafer, M. (2011). Use of essential oils in bioactive edible coatings: a review. *Food Engineering Reviews*, *3*, 1-16. https://doi.org/10.1007/s12393-010-9031-3
36. Sandhya, M. (2010). Modified atmosphere packaging of fresh produce: current status and future needs. *LWT Food Science Technology*, *43*, 381–392.
37. Srinivasan, D., Nathan, S., Suresh, T., & Perumalsamy, P.L. (2001). Antimicrobial activity of certain Indian medicinal plants used in folkloric medicine. *Journal of ethnopharmacology*, *74*(3), 217-220. https://doi.org/10.1016/S0378-8741(00)00345-7
38. Ullsten, N.H., & Hedenqvist, M.S. (2003). A new test method based on head space analysis to determine permeability to oxygen and carbon dioxide of flexible packaging. *Polymer Testing*, *22*(3), 291-295. https://doi.org/10.1016/S0142-9418(02)00101-0

39. Xing, Y., Li, X., Xu, Q., Yun, J., Lu, Y., & Tang, Y. (2011). Effects of chitosan coating enriched with cinnamon oil on qualitative properties of sweet pepper (*Capsicum annuum* L.). *Food Chemistry*, *124*(4), 1443-1450. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2010.07.105
40. Zamindar, N., Ghorbani, Z., & Mosafa, L. (2020). Changes in the physicochemical and microbial properties of fresh-cut cucumber during storage as affected by modified atmosphere packaging and films of polypropylene containing clay nanoparticles. *Iranian Journal of Nutrition Sciences & Food Technology*, *15*(1), 83-92.
41. Zhang, D., Quantick, P., Wiktorowicz, R., & Irven, J. (2000). Noble gases for modified atmosphere packagimg of fresh fruits and vegetables. *Critical reviews in Food Science*, *3*, 12-16.